

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号 特開平8-233556

特開平8-233556

(43) 公開日 平成8年(1996)9月13日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 B 11/24

G 0 6 T 17/00

7/00

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 1 B 11/24

G 0 6 F 15/62

技術表示箇所

K

3 5 0 A

4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願平7-36710

(22) 出願日

平成7年(1995)2月24日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 真継 優和

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72) 発明者 飯島 克己

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72) 発明者 近藤 俊明

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 若林 忠

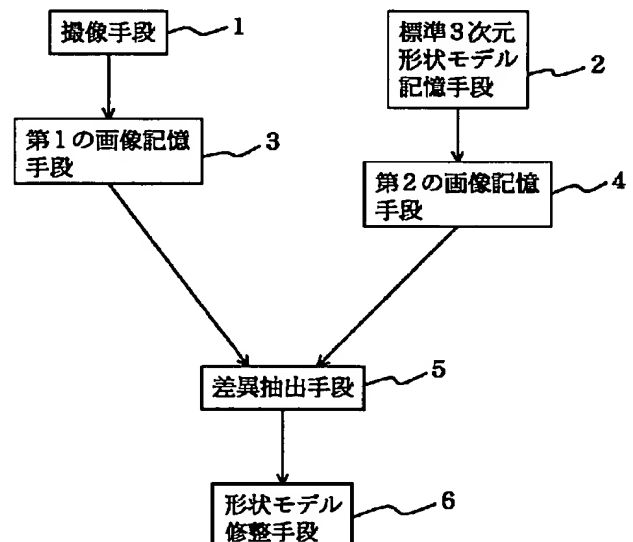
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像画像処理装置および撮像画像処理方法

(57) 【要約】

【目的】 被写体画像から簡単に3次元形状モデルを復元することのできる撮像画像処理装置を提供する。

【構成】 撮像手段1と、撮像手段1により撮像された所定視点位置からの被写体画像が記憶される第1の画像記憶手段3と、撮像された被写体画像に最も近い視点位置からの対象物画像を標準3次元形状モデルを基に生成する3次元形状モデル記憶手段2と、この生成された対象物画像が記憶される第2の画像記憶手段4と、各画像記憶手段に記憶された被写体画像と対象物画像との差異を抽出する差異抽出手段5と、抽出された差異を基に標準3次元形状モデルを修整する形状モデル修整手段とを有する。被写体の代表的な形状モデルである標準3次元形状モデルを被写体画像と対象物画像との差異を基に修整することにより、被写体の形状モデルを復元する。



1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】 撮像手段と、

前記撮像手段によって撮像された所定視点位置からの被写体画像が記憶される第 1 の画像記憶手段と、

前記撮像手段によって撮像される被写体に関する標準 3 次元形状モデルを記憶し、該標準 3 次元形状モデルを基に、前記撮像手段によって撮像された被写体画像に最も近い視点位置からの対象物画像を生成する 3 次元形状モデル記憶手段と、

前記 3 次元形状モデル記憶手段によって生成された対象物画像が記憶される第 2 の画像記憶手段と、

前記第 1 の画像記憶手段に記憶された被写体画像と前記第 2 の画像記憶手段に記憶された対象物画像との差異を抽出する差異抽出手段と、

前記差異抽出手段にて抽出された差異を基に前記 3 次元形状モデル記憶手段に記憶された標準 3 次元形状モデルを修整する形状モデル修整手段とを有することを特徴とする撮像画像処理装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の撮像画像処理装置において、

第 1 の画像記憶手段に、異なる視点位置からの複数の被写体画像が記憶され、

第 2 の画像記憶手段に、前記異なる視点位置からの複数の被写体画像にそれぞれ対応する複数の対象物画像が記憶され、

差異抽出手段が、前記第 1 の画像記憶手段に記憶された被写体画像と前記第 2 の画像記憶手段に記憶された対象物画像の対応するものどうしの差異をそれぞれ抽出し、形状モデル修整手段が、前記差異抽出手段で抽出されたそれぞれの差異を基に 3 次元形状モデル記憶手段に記憶された標準 3 次元形状モデルを修整することを特徴とする撮像画像処理装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の撮像画像処理装置において、

形状モデル修整手段において行われる標準 3 次元形状モデルの修整をアフィン変換係数を用いて行うこととし、前記形状モデル修整手段が、差異抽出手段で抽出される差異が最小となるアフィン変換係数を用いて標準 3 次元形状モデルの修整を行うことを特徴とする撮像画像処理装置。

【請求項 4】 請求項 1 または請求項 2 に記載の撮像画像処理装置において、 3 次元形状モデル記憶手段に記憶される標準 3 次元形状モデルが所定形状に分割されたメッシュ状のワイヤーフレームモデルであり、差異抽出手段が、前記ワイヤーフレームモデルのメッシュ状に分割されたそれぞれの要素の中心座標および該中心座標における法線ベクトルを基に被写体画像および対象物画像の差異を抽出することを特徴とする撮像処理装置。

【請求項 5】 請求項 1 または請求項 2 に記載の撮像画

2

像処理装置において、 3 次元形状モデル記憶手段が、形状モデル修整手段による標準 3 次元形状モデルの修整が行われた後は、該修整された標準 3 次元形状モデルを基に対象物画像を生成するものであり、

前記形状モデル修整手段が、差異抽出手段によって抽出される修整後の標準 3 次元形状モデルに基づく対象物画像と被写体画像との差異が所定閾値以下になるまで、標準 3 次元形状モデルの修整を反復的に行うことを特徴とする撮像画像処理装置。

10 【請求項 6】 請求項 5 に記載の撮像画像処理装置において、

差異抽出手段が、標準 3 次元形状モデルを修整するための構造情報に関する差異と、 3 次元形状モデル記憶手段によって生成される対象物画像を修整するためのテクスチャ情報に関する差異とを抽出するものであり、

前記差異抽出手段によって抽出されたテクスチャ情報に関する差異を基に、 3 次元形状モデル記憶手段によって生成された標準 3 次元形状モデル修整後の対象物画像を修整するテクスチャ修整手段を有することを特徴とする撮像画像処理装置。

20

【請求項 7】 撮像手段と、

前記撮像手段によって撮像された所定視点位置からの被写体画像が記憶される画像記憶手段と、

前記撮像手段によって撮像される被写体に関する標準 3 次元形状モデルが記憶される 3 次元形状モデル記憶手段と、

前記 3 次元形状モデル記憶手段に記憶された標準 3 次元形状モデルを基に、前記撮像手段によって撮像された被写体画像に最も近い視点位置からの対象物画像に関する外輪郭線画像を抽出する輪郭線画像抽出手段と、

30

前記輪郭線画像抽出手段で抽出された対象物画像に関する外輪郭線画像の位置およびサイズが前記画像記憶手段に記憶された被写体画像の画像領域を包接するよう初期輪郭を設定する初期輪郭設定手段と、

前記初期輪郭設定手段で初期輪郭が設定された外輪郭線画像の輪郭線を基に、前記画像記憶手段に記憶された被写体画像に関する外輪郭線画像を生成する動的輪郭処理手段と、

前記動的輪郭処理手段によって生成された被写体画像に関する外輪郭線画像と前記初期輪郭設定手段によって初期輪郭が設定された対象物画像に関する外輪郭線画像との差異を抽出する差異抽出手段と、

40

前記差異抽出手段によって抽出された差異を基に前記 3 次元形状モデル記憶手段に記憶された標準 3 次元形状モデルを修整する形状モデル修整手段とを有することを特徴とする撮像画像処理装置。

【請求項 8】 請求項 7 に記載の撮像画像処理装置において、

輪郭線画像抽出手段が、差異抽出手段で抽出される差異が最小となる対象物画像に関する外輪郭線画像を抽出す

50

## 3

ることを特徴とする撮像画像処理装置。

【請求項 9】 撮像手段により撮像された被写体画像を基に被写体に関する 3 次元形状モデルを復元する撮像画像処理方法であって、

撮像される被写体に関する標準 3 次元形状モデルを記憶する第 1 のステップと、 前記第 1 のステップで記憶された標準 3 次元形状モデルを基に前記撮像手段により撮像される被写体画像に対応する対象物画像を生成する第 2 のステップと、

前記第 2 のステップで生成された対象物画像と前記撮像手段により撮像された被写体画像との差異を抽出する第 3 のステップと、

前記第 3 のステップで抽出された差異を基に前記第 1 のステップで記憶された被写体に関する標準 3 次元形状モデルを修整して被写体の形状モデルを復元する第 4 のステップとを含むことを特徴とする撮像画像処理方法。

【請求項 10】 請求項 9 に記載の撮像画像処理方法において、

第 3 のステップにおいて、撮像手段によって撮像された異なる視点位置からの複数の被写体画像と該複数の被写体画像にそれぞれ対応する異なる視点位置からの複数の対象物画像とのそれぞれ対応する画像どうしの差異を抽出し、

第 4 のステップにおいて、前記第 3 のステップで抽出されたそれぞれの差異を基に被写体に関する標準 3 次元形状モデルを修整することを特徴とする撮像画像処理方法。

【請求項 11】 撮像手段により撮像された被写体画像を基に被写体に関する 3 次元形状モデルを復元する撮像画像処理方法であって、

撮像される被写体に関する標準 3 次元形状モデルを記憶する第 1 のステップと、 前記第 1 のステップで記憶された標準 3 次元形状モデルを基に、前記撮像手段により撮像される被写体画像に対応する対象物画像の外輪郭線画像を抽出する第 2 のステップと、

前記第 2 のステップで抽出された対象物画像に関する外輪郭線画像の位置およびサイズを前記撮像手段により撮像された被写体画像の画像領域を包接するよう初期輪郭を設定する第 3 のステップと、

前記第 3 のステップで初期輪郭が設定された対象物画像に関する外輪郭線画像の輪郭線を基に、前記撮像手段により撮像された被写体画像に関する外輪郭線画像を生成する第 4 のステップと、

前記第 4 のステップで生成された被写体画像に関する外輪郭線画像と前記第 3 のステップで初期輪郭が設定された対象物画像に関する外輪郭線画像との差異を抽出する第 5 のステップと、

前記第 5 のステップで抽出された差異を基に、前記第 1 のステップで記憶された被写体に関する標準 3 次元形状モデルを修整して被写体の形状モデルを復元する第 6 の

## 4

ステップとを含むことを特徴とする撮像画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、撮像して得られる被写体画像を基にその被写体に関する 3 次元形状モデルを復元する撮像画像処理装置および撮像画像処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、撮像して得られる被写体画像を基にその被写体に関する 3 次元形状モデルを復元する技術としては、例えば、特開平 4-306782 号公報、特公平 5-64393 号公報、特開平 4-86957 号公報にそれぞれ開示されている以下に挙げる方式および方法がある。

【0003】(1) 特開平 4-306782 号公報に開示されている方式

スリット光を被写体に照射してこれを 1 台のカメラで撮像し、この撮像によって得られた被写体画像から特徴点を抽出し、その抽出した特徴点に基づいて被写体の 3 次元構造情報を算出するスリット光投影法（または光切断法）を用い、被写体画像の各特徴点における 3 次元座標データを算出する。これにより得られた各特徴点における 3 次元座標データに基づいて、データベース中に登録されている基本 3 次元ワイヤーフレームを被写体画像に整合して 3 次元形状モデルの復元を行う。

【0004】(2) 特公平 5-64393 号公報に開示されている方法

被写体を複数の視線方向から撮影した 2 次元撮影画像に基づき各視線方向からみた被写体の形状を反映する被写体存在領域を 3 次元デジタル画像空間内の 3 次元画素の集合として記述し、すべての方向からみた被写体存在領域の共通領域内の 3 次元画素の集合を 3 次元デジタル画像における被写体の 3 次元形状として求めることにより 3 次元形状モデルの復元を行う。

【0005】(3) 特開平 4-86957 号公報に開示されている方式

対象の特徴点に近赤外反射テープ背景と異なる色相のマーカーなどを付与して撮像装置にて対象物を複数方向から撮像し、得られた画像から標準の三次元立体モデルを用いて特徴点または線の 3 次元座標を抽出する方式である。具体的には、基準となる 3 次元格子状モデルの各格子点を各方向から計測した結果と照合、補間して特徴点位置の較正を行い、固定されたカメラ座標系と基準座標系との変換テーブルを作成した後、マーカーなどを付けた測定対象を複数方向から撮像して特徴点の 3 次元座標化を行うことにより、物体の 3 次元形状の復元を行う。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した各公報に開示されている方式および方法には、それぞれ以下のような問題がある。

【0007】特開平 4-306782 号公報および特開平 4-8695

7号公報に開示されている方式においては、被写体の3次元形状を直接測定する手段として、スリット光投影手段やマーカーを付与する手段など特別な装置が必要がある。このことは、装置の小型化、低コスト化を図る上で問題となる。さらには、スリット光投影位置またはマーカー付与位置以外の点においては、3次元座標は補間などの処理により求める必要があるため、処理が複雑となるという問題点がある。

【0008】特公平5-64393号公報に開示されている方法においては、視線方向を全方位まんべんなくとる必要があるため、処理に時間がかかるという問題点がある。さらには、局所的な凹凸を正確に反映した形状モデルの復元が困難であるという問題点がある。

【0009】本発明の目的は、スリット光投影手段やマーカーを付与する手段などの特別な装置や補間処理などの複雑な処理を必要とすることのない、被写体画像から簡単に3次元形状モデルを復元することのできる撮像画像処理装置を提供することにある。さらには、3次元形状モデルの復元に局所的な凹凸を正確に反映することのできる撮像画像処理装置を提供することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の撮像画像処理装置は、撮像手段と、前記撮像手段によって撮像された所定視点位置からの被写体画像が記憶される第1の画像記憶手段と、前記撮像手段によって撮像される被写体に関する標準3次元形状モデルを記憶し、該標準3次元形状モデルを基に、前記撮像手段によって撮像された被写体画像に最も近い視点位置からの対象物画像を生成する3次元形状モデル記憶手段と、前記3次元形状モデル記憶手段によって生成された対象物画像が記憶される第2の画像記憶手段と、前記第1の画像記憶手段に記憶された被写体画像と前記第2の画像記憶手段に記憶された対象物画像との差異を抽出する差異抽出手段と、前記差異抽出手段にて抽出された差異を基に前記3次元形状モデル記憶手段に記憶された標準3次元形状モデルを修整する形状モデル修整手段とを有することを特徴とする。

【0011】この場合、第1の画像記憶手段に、異なる視点位置からの複数の被写体画像が記憶され、第2の画像記憶手段に、前記異なる視点位置からの複数の被写体画像にそれぞれ対応する複数の対象物画像が記憶され、差異抽出手段が、前記第1の画像記憶手段に記憶された被写体画像と前記第2の画像記憶手段に記憶された対象物画像の対応するものどうしの差異をそれぞれ抽出し、形状モデル修整手段が、前記差異抽出手段で抽出されたそれぞれの差異を基に3次元形状モデル記憶手段に記憶された標準3次元形状モデルを修整するようにしてもよい。

【0012】さらに、形状モデル修整手段において行われる標準3次元形状モデルの修整をアフィン変換係数を用いて行うこととし、前記形状モデル修整手段が、差異

抽出手段で抽出される差異が最小となるアフィン変換係数を用いて標準3次元形状モデルの修整を行うようにしてもよい。

【0013】上述の撮像画像処理装置において、3次元形状モデル記憶手段に記憶される標準3次元形状モデルが所定形状に分割されたメッシュ状のワイヤーフレームモデルであり、差異抽出手段が、前記ワイヤーフレームモデルのメッシュ状に分割されたそれぞれの要素の中心座標および該中心座標における法線ベクトルを基に被写体画像および対象物画像の差異を抽出するようにしてもよい。

【0014】さらには、3次元形状モデル記憶手段が、形状モデル修整手段による標準3次元形状モデルの修整が行われた後は、該修整された標準3次元形状モデルを基に対象物画像を生成するものであり、前記形状モデル修整手段が、差異抽出手段によって抽出される修整後の標準3次元形状モデルに基づく対象物画像と被写体画像との差異が所定閾値以下になるまで、標準3次元形状モデルの修整を反復的に行うようにしてもよい。

【0015】この場合、差異抽出手段が、標準3次元形状モデルを修整するための構造情報に関する差異と、3次元形状モデル記憶手段によって生成される対象物画像を修整するためのテクスチャ情報に関する差異とを抽出するものであり、前記差異抽出手段によって抽出されたテクスチャ情報に関する差異を基に、3次元形状モデル記憶手段によって生成された標準3次元形状モデル修整後の対象物画像を修整するテクスチャ修整手段を有するものであってもよい。

【0016】また、本発明の撮像画像処理装置は、撮像手段と、前記撮像手段によって撮像された所定視点位置からの被写体画像が記憶される画像記憶手段と、前記撮像手段によって撮像される被写体に関する標準3次元形状モデルが記憶される3次元形状モデル記憶手段と、前記3次元形状モデル記憶手段に記憶された標準3次元形状モデルを基に、前記撮像手段によって撮像された被写体画像に最も近い視点位置からの対象物画像に関する外輪郭線画像を抽出する輪郭線画像抽出手段と、前記輪郭線画像抽出手段で抽出された対象物画像に関する外輪郭線画像の位置およびサイズが前記画像記憶手段に記憶された被写体画像の画像領域を包接するよう初期輪郭を設定する初期輪郭設定手段と、前記初期輪郭設定手段で初期輪郭が設定された外輪郭線画像の輪郭線を基に、前記画像記憶手段に記憶された被写体画像に関する外輪郭線画像を生成する動的輪郭処理手段と、前記動的輪郭処理手段によって生成された被写体画像に関する外輪郭線画像と前記初期輪郭設定手段によって初期輪郭が設定された対象物画像に関する外輪郭線画像との差異を抽出する差異抽出手段と、前記差異抽出手段によって抽出された差異を基に前記3次元形状モデル記憶手段に記憶された標準3次元形状モデルを修整する形状モデル修整手段と

を有することを特徴とする。

【0017】この場合、輪郭線画像抽出手段が、差異抽出手段で抽出される差異が最小となる対象物画像に関する外輪郭線画像を抽出するものであってもよい。

【0018】また、本発明の撮像画像処理方法は、撮像手段により撮像された被写体画像を基に被写体に関する3次元形状モデルを復元する撮像画像処理方法であって、撮像される被写体に関する標準3次元形状モデルを記憶する第1のステップと、前記第1のステップで記憶された標準3次元形状モデルを基に前記撮像手段により撮像される被写体画像に対応する対象物画像を生成する第2のステップと、前記第2のステップで生成された対象物画像と前記撮像手段により撮像された被写体画像との差異を抽出する第3のステップと、前記第3のステップで抽出された差異を基に前記第1のステップで記憶された被写体に関する標準3次元形状モデルを修整して被写体の形状モデルを復元する第4のステップとを含むことを特徴とする。

【0019】この場合、第3のステップにおいて、撮像手段によって撮像された異なる視点位置からの複数の被写体画像と該複数の被写体画像にそれぞれ対応する異なる視点位置からの複数の対象物画像とのそれぞれ対応する画像どうしの差異を抽出し、第4のステップにおいて、前記第3のステップで抽出されたそれぞれの差異を基に被写体に関する標準3次元形状モデルを修整するようにしてもよい。

【0020】また、本発明の撮像画像処理方法は、撮像手段により撮像された被写体画像を基に被写体に関する3次元形状モデルを復元する撮像画像処理方法であって、撮像される被写体に関する標準3次元形状モデルを記憶する第1のステップと、前記第1のステップで記憶された標準3次元形状モデルを基に、前記撮像手段により撮像される被写体画像に対応する対象物画像の外輪郭線画像を抽出する第2のステップと、前記第2のステップで抽出された対象物画像に関する外輪郭線画像の位置およびサイズを前記撮像手段により撮像された被写体画像の画像領域を包接するよう初期輪郭を設定する第3のステップと、前記第3のステップで初期輪郭が設定された対象物画像に関する外輪郭線画像の輪郭線を基に、前記撮像手段により撮像された被写体画像に関する外輪郭線画像を生成する第4のステップと、前記第4のステップで生成された被写体画像に関する外輪郭線画像と前記第3のステップで初期輪郭が設定された対象物画像に関する外輪郭線画像との差異を抽出する第5のステップと、前記第5のステップで抽出された差異を基に、前記第1のステップで記憶された被写体に関する標準3次元形状モデルを修整して被写体の形状モデルを復元する第6のステップとを含むことを特徴とする。

【0021】

【作用】本発明の画像処理装置および処理方法では、被

写体の代表的な形状モデル、例えば、被写体が特定の男性の頭部であれば、男性の標準的な頭部の形状モデルが標準3次元形状モデルとして記憶される。そして、その記憶された標準3次元形状モデルを基に、撮像手段により撮像された被写体画像に対応する対象物画像、すなわち、視点位置（視線方向）および画像サイズが被写体画像と同じ対象物画像が生成される。このようにして生成された対象物画像と被写体画像の差異は、被写体と標準3次元形状モデルとの3次元形状の差異および各部（例えば目、口など）の2次元的形状または配置の差異を反映している。したがって、対象物画像と被写体画像の差異を基に被写体の標準3次元形状モデルを修整すれば、その修整された標準3次元形状モデルには、被写体と標準3次元形状モデルとの3次元形状の差異、および各部の2次元的形状または配置の差異が反映されることとなる。このように、本発明では、被写体画像と標準3次元形状モデルを基に生成された対象物画像との差異を基に標準3次元形状モデルの修整を行うことにより被写体に関する3次元形状モデルの復元を行うことができるので、スリット光投影手段やマーカーを付与する手段などの特別な装置や補間処理などの複雑な処理は必要ない。

【0022】本発明のうち異なる視点からの複数の被写体画像とこれらに対応する複数の対象物画像との差異を基に3次元形状モデルの復元が行われる装置および方法においては、標準3次元形状モデルの修整が異なる視点位置からの複数の被写体画像とこれらにそれぞれ対応する複数の対象物画像との差異を基に行われるので、局所的な凹凸を異なる視点位置から修整することができ、局所的な凹凸を正確に反映した標準3次元形状モデルの修整を行うことができる。

【0023】本発明のうち差異抽出手段で抽出された差異から求められる標準3次元形状モデルを修整するための変換係数をアフィン変換係数によって与えるものにおいては、形状モデル修整手段による標準3次元形状モデルの修整が、被写体画像上の点に対応する標準3次元形状モデル上の点の3次元アフィン変換係数を用いて行われるので、被写体画像と対象物画像との画像データ（例えば各画素の輝度、色相データ）の差を基に修整が行われるものに比べて標準3次元形状モデルの修整を簡単にを行うことができる。

【0024】本発明のうち形状モデル修整手段による標準3次元形状モデルの修整が反復的に行われるものにおいては、差異抽出手段によって抽出される差異が所定閾値以下になるまで3次元形状モデル修整手段による標準3次元形状モデルの修整処理が反復的に行われるので、1回の修整ではカバーしきれない誤差の補正や形状データの修整を行うことができる。

【0025】本発明のうちテクスチャ修整手段によって標準3次元形状モデル修整後の対象物画像が修整されるものにおいては、形状モデル修整手段による標準3次元

10

20

30

40

50

形状モデルの修整に加えて、標準 3 次元形状モデル修整後の対象物画像がテクスチャ修整手段によって修整されるので、より精度の高い被写体の 3 次元形状データを得ることができる。

【0026】本発明のうち被写体画像に関する外輪郭線画像と対象物画像に関する外輪郭線画像との差異を基に標準 3 次元形状モデルの修整が行われるものおよび方法においては、標準 3 次元形状モデルを基に被写体画像に対応する対象物画像の外輪郭線画像が抽出され、該抽出された対象物画像に関する外輪郭線画像の位置およびサイズが画像記憶手段に記憶された被写体画像の画像領域を包接するよう初期輪郭の設定が行われる。この初期輪郭の設定により、対象物画像に関する外輪郭線画像の視点位置および画像サイズが画像記憶手段に記憶された被写体画像とほぼ同じものとなる。このように、本発明では、初期輪郭が設定された対象物画像に関する外輪郭線画像は視点位置および画像サイズが被写体画像とほぼ同じものとなっているので、後述の実施例にて説明する動的輪郭法を用いることにより高速かつ簡単に被写体に関する外輪郭線画像を求めることができる。また、これら外輪郭線画像の差異も上述したように被写体と標準 3 次元形状モデルとの 3 次元形状の差異、および各部の 2 次元形状または配置の差異を反映していることから、その差異に基づいて標準 3 次元形状モデルを修整することにより、被写体に関する 3 次元形状モデルの復元を行うことができる。

【0027】本発明のうち差異抽出手段で抽出される差異が最小となる対象物画像に関する外輪郭線画像を抽出するものにおいては、初期輪郭設定手段によって設定された対象物画像に関する外輪郭線画像と動的輪郭処理手段によって生成された被写体画像に関する外輪郭線画像とは最も類似度の高い画像データとなるので、より正確な標準 3 次元形状モデルの修整を行うことができる。

【0028】

【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0029】＜第 1 の実施例＞図 1 は、本発明の第 1 の実施例の撮像画像処理装置の概略を示す構成図である。同図において、1 は撮像手段、2 は標準 3 次元形状モデル記憶手段、3 は第 1 の画像記憶手段、4 は第 2 の画像記憶手段、5 は差異抽出手段、6 は形状モデル修整手段である。以下、これら各構成部について詳しく説明する。

【0030】撮像手段 1 は、ズーム機構等を備える撮像カメラである。この撮像手段 1 によって撮像された被写体画像は、第 1 の画像記憶手段 3 に一時的に保持される。

【0031】標準 3 次元形状モデル記憶手段 2 は、予め被写体となる対象物の標準 3 次元形状モデル、例えば、対象物の表面を所定形状（三角形など）のメッシュで分

割して得られる、いわゆるワイヤーフレームモデルを記憶しており、この記憶したワイヤーフレームモデルを所定方向から見た状態のものに、各分割領域における濃淡情報等（テクスチャ）をマッピングして、対象物を所定方向から見た 2 次元のモデル対象画像（以下、対象物画像という）を生成する。この標準 3 次元形状モデル記憶手段 2 によって生成された対象物画像は、第 2 の画像記憶手段 4 に記憶される。

【0032】差異抽出手段 5 は、第 2 の画像記憶手段 4 に記憶された対象物画像と、第 1 の画像記憶手段 3 に記憶された被写体画像との差異を抽出する手段である。この差異抽出手段 5 では、対象物画像と被写体画像とが比較され、3 次元形状情報に関する差異を反映した情報（詳細は後述する）が抽出される。

【0033】形状モデル修整手段 6 は、上記差異抽出手段 5 によって抽出される差異を反映した情報を基に、上述した標準 3 次元形状モデル記憶手段 2 に記憶された標準 3 次元形状モデルを修整する手段である。この形状モデル修整手段 6 では、対象物画像が同一視点位置において撮像して得られた被写体画像に近くなるように、標準 3 次元形状モデルが修整される。

【0034】以下、上述の撮像画像処理装置の具体的な処理について説明する。

【0035】標準 3 次元形状モデル記憶手段 2 には、3 次元形状測定を行なうとする被写体を代表するもの、例えば特定の人物（男性）の頭部を被写体とする場合には、「男性の標準的な頭部 3 次元形状モデル」が、例えばワイヤーフレームモデルとして記憶される。ここで、標準 3 次元形状モデル記憶手段 2 は、ワイヤーフレームモデルとして記憶された「男性の標準的な頭部 3 次元形状モデル」を所定方向から見たものにテクスチャマッピングを施すことにより、所定照明条件で所定視点位置から見た画像を生成してもよいし、或は所定視点位置から見たワイヤーフレームのみの画像を生成してもよい。また、視点位置を予め設定せずに、差異抽出手段 5 の出力を標準 3 次元形状モデル記憶手段 2 にフィードバックして最適な視点位置を求めるよう構成（不図示）して、その求められた最適な視点位置から画像を生成するようにしてもよい。なお、記憶されるワイヤーフレームモデルは被写体に応じて設定可能であり、そのための情報は例えば内部または外部に設けられたメモリから得られる。

【0036】標準 3 次元形状モデル記憶手段 2 は、上述の方法のいずれかにより生成した所定視点位置から見た画像を、対象物画像として第 2 の画像記憶手段 4 に記憶させるもので、所定位置の決定については撮像者が入力するように構成してもよく、また撮像手段 1 による撮像データから判断するように構成してもよい。この判断基準としては、特徴点を用いることができ、最も特徴点が近くなる視点位置を採用してもよい。

【0037】撮像手段 1 は、3 次元形状測定を行なうと

10

20

30

40

50

する被写体を所定の視点位置から撮像し、得られた被写体画像を第 2 の記憶手段 4 に記憶させる。図 8 は、被写体を異なる視点位置から撮像手段 1 で撮像するときの様子を示す模式図である。図中、撮像手段 1 の撮像位置は便宜上 X Y 面内で 4 箇所以示されているが、使用する撮像位置は、例えば実線で示した撮像装置 1 の 1 箇所である。なお、撮像位置は、便宜上 X Y 面内における位置しか示していないが、必要があればこの X Y 面内に限らず、異なる面内における視点位置、視線方向であってもよい。

【0038】本実施例では、上述の第 2 の画像記憶手段 4 に記憶される対象物画像と第 1 の画像記憶手段 3 に記憶される被写体画像とは、画像サイズがほぼ一致するように調整される。この画像サイズの調整には、第 2 の画像記憶手段 4 に記憶された対象物画像に対して撮像手段 1 にて撮像される被写体画像の画像サイズを調節する場合と、これとは反対に、第 1 の画像記憶手段 3 に記憶された被写体画像に対して標準 3 次元形状モデル記憶手段 2 にて生成される対象物画像の画像サイズを調節する場合とがある。

【0039】対象物画像に対して撮像手段 1 にて撮像される被写体画像の画像サイズを調節する場合は、撮像手段 1 で撮像される画像（第 1 の画像記憶手段 3 に記憶される画像）のサイズが、第 2 の画像記憶手段 4 に記憶された対象物画像のサイズとほぼ等しくなるように、被写体に対する撮像手段 1 の撮像位置が調節される。この被写体に対する撮像手段 1 の撮像位置の調節は、撮像手段 1 のズーム機能を用いて行なうこともできる。

【0040】他方、被写体画像に対して標準 3 次元形状モデル記憶手段 2 にて生成される対象物画像の画像サイズを調節する場合は、標準 3 次元形状モデル記憶手段 2 において、例えば所定視点位置、所定照明条件下での対象物画像標準を 3 D コンピュータグラフィックスの手法を用いて生成する際に、その生成される対象物画像のサイズが第 1 の画像記憶手段 3 に記憶された被写体画像のサイズとほぼ等しくなるように調節される。

【0041】上述の対象物画像と被写体画像との画像サイズの調節により、撮像手段 1 にて撮像された画像（第 1 の画像記憶手段 3 に記憶される被写体画像）の座標系は、第 2 の画像記憶手段 4 に記憶された対象物画像における基準座標系と概略一致する右手系直交座標系となる。この座標系において、Z 軸（不図示）は X Y 面と直交するものとする。

【0042】以上のようにして、第 1 および第 2 の画像記憶手段にそれぞれ画像サイズのほぼ等しい被写体画像および対象物画像が記憶されると、続いて、これらの画像の差異、例えば、これら画像間の対応する点の変位が変位ベクトルとして以下のように求められる。

【0043】図 2 は、差異抽出手段 5 にて行なわれる処理の手順を示すフローチャートである。

【0044】まず、第 1 および第 2 の画像記憶手段のそれぞれから、画像サイズのほぼ等しい（視点位置または視線方向がそれぞれ同じ）被写体画像（またはそのシルエット画像）と対象物画像（またはそのシルエット画像）とを入力する（S101, S102）。次いで、入力された各画像（または各シルエット画像）のそれぞれの重心位置を求め、その求めた重心位置が互いに一致するように各画像間のアライメントを行なう（S103）。その後、それぞれの画像の輪郭線抽出処理（S104）を行い、得られる輪郭線画像間の差異を一方の画像から他方の画像へ輪郭線上の各点が変位したと仮定して、その変位を示す、いわゆる変位ベクトルを求める（S105）。この標準 3 次元形状モデルの画像の輪郭線上各点の変位ベクトルに基づいて差異抽出手段 5 からの出力が決定される。変位ベクトルが求められると、例えば、被写体画像の各画素にそれぞれ対応する対象物画像の画素、または被写体画像の輪郭線上各点に対応する標準 3 次元モデル（ワイヤーフレームモデル）上の 3 次元位置座標（座標軸は対象物上に任意に設定してよい）と、それぞれの画素または点における 2 次元（視線方向と略直交する像面内）変位ベクトルとを出力する（S106）。

【0045】なお、上記のような輪郭抽出処理は行わず、対象物画像と被写体画像間上の各点で、次のような動きベクトル検出用画像処理アルゴリズムにより変位ベクトルの検出を行ってもよい。典型的には、所定サイズのブロックに分割した 2 つの画像間において、一方の画像中のある画素を中心としたブロックに対して画像データが最大の相互相関値（あるいは最小二乗誤差）を与える他方の画像中のブロック中心の相対位置ベクトルを計算することにより求めることができる。

【0046】また、対象物画像および被写体画像はそれぞれ対象物と被写体を同一方向（既知とする）から見たものとなっていることから、本実施例では、輪郭抽出を行う場合は、変位ベクトルの検出をいわゆる動的輪郭追跡（特開平 5 - 1 2 4 4 3 号公報参照）の手法を用いたり、対象物画像の輪郭線上の各点での輪郭線接線ベクトルと略直交する方向に探索したりして行なうか、または変位ベクトルの大きさが各点で極小となるように選んでもよい。

【0047】上述のようにして求められた変位ベクトル（2 次元）が差異抽出手段 5 から出力されると、形状モデル修整手段 6 では、その 2 次元変位ベクトルから標準 3 次元形状モデル記憶手段 2 に記憶された標準 3 次元モデル（ワイヤーフレームモデル）を修整するための修整ベクトルが求められ、この求めた修整ベクトルを基に標準 3 次元モデルの修整が行なわれる。この 2 次元変位ベクトルから修整ベクトルを求める場合、対象物画像の輪郭線上の点に基づいて求められた 2 次元変位ベクトルから修整ベクトルを求める場合と、対象物画像上の任意の



13

点に基づいて求められた 2 次元変位ベクトルから修整ベクトルを求める場合とがある。以下に、それぞれの場合において求められる修整ベクトルの一例を挙げる。

【0048】(1) 対象物画像の輪郭線上の点に基づいて求められた 2 次元変位ベクトルから修整ベクトルを求める場合

撮像手段の光軸または視線方向を軸とする回転角度  $\theta$  は、対象画像を生成する際の視線方向を軸とする同様な回転角度  $\theta_M$  と等しいものとする。対象物画像上の点  $(i, j)$  に対応する標準 3 次元形状モデル上の点を  $(X_{ij}, Y_{ij}, Z_{ij})$ 、変位ベクトルを

【0049】

【外 1】

$$\vec{d}_{ij}$$

とすると、修整ベクトル

【0050】

【外 2】

$$\vec{dr}_{ij}$$

は、

【0051】

【数 1】

$$\vec{dr}_{ij} = C |\vec{d}_{ij}| \vec{n}_{ij}$$

で表すことができ、この式を基に求めることができる。

ここで、

【0052】

【外 3】

$$\vec{n}_{ij}$$

は、点  $(X_{ij}, Y_{ij}, Z_{ij})$  上の法線ベクトル、 $C$  は定数であり、第 1 および第 2 の記憶手段にそれぞれ記憶された対象物画像および被写体画像のノーマライズ (画像

$$R = \begin{bmatrix} \cos \beta \cos \gamma + \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma & \cos \alpha \sin \gamma & -\sin \beta \cos \gamma \\ + \sin \alpha \cos \beta \sin \gamma & & \\ -\cos \beta \sin \gamma + \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma & \cos \alpha \cos \gamma & \sin \beta \sin \gamma \\ + \sin \alpha \cos \beta \cos \gamma & & \\ \cos \alpha \sin \beta & -\sin \alpha & \cos \alpha \cos \beta \end{bmatrix}$$

で与えられる 3 次元回転行列であり、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  はカメラ座標系のワールド座標系 (対象物 3 次元モデルの基準座標系) 座標軸、即ち  $X_W$ 、 $Y_W$ 、 $Z_W$  軸に対する回転角を示すものである。

【0057】上記各回転角パラメータの測定方法としては、撮像手段にジャイロなどを搭載して計測する方法、磁気センサベースでの計測方法、メカニカルなジョイント計測機構に撮像手段を搭載して計測する方法などがある。尚、このような特別な計測手段を用いずに、対象物 3 次元モデルを視線方向などを種々に指定して得られる対象物画像と被写体画像との類似度評価を行って、最も類似度の高い視線方向から撮像パラメータ  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  を推定してもよい。但し、この場合には対象物モデルが被

14

サイズを一致させること) を行う条件を決めるものである。この定数  $C$  は、第 1 の記憶手段に記憶された対象物画像のサイズ、或はその対象物画像に関する焦点距離、物体距離などに応じてユーザが適宜設定することができる。

【0053】(2) 対象物画像上の任意の点に基づいて求められた 2 次元変位ベクトルから修整ベクトルを求める場合

上述の (1) の場合と同様に、対象物画像上の点  $(i, j)$  に対応する標準 3 次元形状モデル上の点を  $(X_{ij}, Y_{ij}, Z_{ij})$ 、変位ベクトルを

【0054】

【外 4】

$$\vec{d}_{ij}$$

とすると、修整ベクトル

【0055】

【外 5】

$$\vec{dr}_{ij}$$

20 は、

【0056】

【数 2】

$$\vec{dr}_{ij} = C' R \begin{pmatrix} (\vec{d}_{ij})_x \\ (\vec{d}_{ij})_y \\ 0 \end{pmatrix}$$

で表すことができ、この式を基に求めることができる。ここで、 $C'$  は上述の (1) の場合と同様、対象物画像と被写体画像とのノーマライズを行う条件を決めるもので、撮像手段の焦点距離、物体距離などによって決まる比例定数である。また、 $R$  は

写体を十分に近似している必要がある。

【0058】以上説明したようにして求められた修整ベクトルを基に、標準 3 次元形状モデル記憶手段 2 に記憶されている標準 3 次元形状モデルの修整が行われる。

【0059】＜第 2 実施例＞上述の第 1 の実施例の撮像画像処理装置では、第 1 および第 2 の記憶手段からそれぞれ入力される、ほぼ同じ視点からの対象物画像および被写体画像から変位ベクトルを求め、これにより 3 次元形状データを得ている。本実施例の撮像画像処理装置は、第 1 および第 2 の記憶手段にはそれぞれ異なる視点からの複数の対象物画像および被写体画像がそれぞれ記憶され (ただし、対応する画像どうしはほぼ同じ視点からの画像となっている)、これら記憶された各対応する



対象物画像—被写体画像ペア間で得られる、異なる視点からの複数の変位ベクトルから3次元形状データを得ることを特徴とするものである。なお、本実施例の撮像画像処理装置は、前述した第1の実施例の撮像画像処理装置と同様の構成のものであるため、ここでは、その構成についての説明は省略する。

【0060】図3は、本発明の第2の実施例の撮像画像処理装置における差異抽出手段での処理を示すフローチャートである。

【0061】まず、第1の画像記憶手段3から異なる視点位置からの複数の被写体画像を入力し（S201）、第2の画像記憶手段4からその入力された各被写体画像に最も近い対象物画像をそれぞれ入力する（S202）。次に、それぞれ入力された各対応する被写体画像—対象物画像ペア間でそれぞれ位置合わせを行なう（S203）。その後、それぞれの画像の輪郭線抽出処理（S204）を行い、得られる輪郭線画像間の差異を一方の画像から他方の画像へ輪郭線上の各点が変位したと仮定して、変位ベクトルを求める（S205）。変位ベクトルが求められると、被写体画像の各画素にそれぞれ対応する対象物画像の画素、または被写体画像の輪郭線上各点に対応する標準3次元モデル（ワイヤフレームモデル）上の3次元位置座標（座標軸は対象物上に任意に設定してよい）と、それぞれの画素または点における2次元（視線方向と略直交する像面内）変位ベクトルが出力される（S106）。

【0062】上述のようにして求められた複数の変位ベクトルデータが差異抽出手段5から出力されると、形状モデル修整手段6では、複数の変位ベクトルデータが統合されて修整ベクトルが求められ、これを基に標準3次元形状モデル記憶手段2に記憶されている標準3次元モデルの修整が行なわれる。以下に、この形状モデル修整手段6における修整ベクトルの算出の具体的な方法を説明する。

【0063】異なる視点からの画像（対象物画像および被写体画像）における視点位置（視線方向）をそれぞれ  $I(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1)$  及び  $II(\alpha_2, \beta_2, \gamma_2)$  ( $(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1) \neq (\alpha_2, \beta_2, \gamma_2)$ ) とし、それぞれに対して得られる同一点  $(X, Y, Z)$  の修整ベクトルを

【0064】

【外6】

$$\vec{d}^{(I)}(X,Y,Z), \vec{d}^{(II)}(X,Y,Z)$$

とすると、求めるべき修整ベクトル

【0065】

【外7】

$$\vec{dr}(X,Y,Z)$$

は、

【0066】

【数3】

$$\vec{dr}(X,Y,Z) = P \{ \alpha \vec{d}^{(I)}(X,Y,Z) + (1-\alpha) \vec{d}^{(II)}(X,Y,Z) \}$$

で与えられる。ここに、 $P$ は定数、 $\alpha$ は  $0 < \alpha < 1$  で与えられるものとする。この  $\alpha$  の選び方としては、例えば視線方向  $I, II$  の各対応する画像（対象物及び被写体）の各点での  $S/N$ 、輝度、色相等の分散、標準偏差値、隣接する点での修整ベクトルとの差（或は滑らかさ）、その他信頼度を表わす評価関数などを用いて決めることとする。例えば、輪郭線からの距離を  $S_{ij}$  とすると、

【0067】

【数4】

$$\alpha = \exp\left(-\frac{S_{ij}}{\sigma^2}\right)$$

などのように輪郭線に近いほど信頼度が増すように設定してもよい。

【0068】以上のように、本実施例では、異なる視点からの画像を基に抽出された複数の変位ベクトルデータから修整ベクトルが求められるため、より信頼度（凹凸面などの正確な情報）、分解能の高い被写体の3次元形状データを得ることができる。

【0069】＜第3の実施例＞図4は、本発明の第3の実施例の撮像画像処理装置の概略を示す構成図である。

本実施例の撮像画像処理装置は、形状モデル修整手段6によって求められた3次元形状データが標準3次元形状モデル記憶手段2へフィードバック（転送）されている以外は、上述の第1の実施例のものと同様の構成のものとなっている。各構成部における処理も上述の第1の実施例（または、第2の実施例）のものと同様であるため、ここでは、処理についての説明は省略する。

【0070】本実施例の撮像画像処理装置では、形状モデル修整手段6によって、差異抽出手段5から出力される変位ベクトルデータを基に求められた3次元形状データ（修整ベクトル）が3次元形状モデル記憶手段2へフィードバックされる。

【0071】3次元形状データが3次元形状モデル記憶手段2へフィードバックされると、3次元形状モデル記憶手段2では、フィードバックされた3次元形状データに基づくフレームモデルが修整され、その修整されたフレームモデルから対象物画像が生成される。この生成された対象物画像は、第2の記憶画像記憶手段4に記憶される。以後、この第2の記憶画像記憶手段4に新たに記憶された対象物画像と被写体画像とから3次元形状データを求める処理が行われる。

【0072】上述の3次元形状データをフィードバックする処理が反復的に行われることにより、1回の修整ではカバーしきれない誤差の補正や形状データの高分解能化が可能となる。

【0073】＜第4の実施例＞本実施例の撮像画像処理

17

装置は、上述の第 1 もしくは第 2 または第 3 の実施例の撮像画像処理装置と同様の構成のもので、形状モデル修整手段における標準 3 次元モデルの修整が以下のようにして行われることを特徴とする。

【0074】まず、形状モデル修整手段 6 において、撮像手段の回転角パラメータ ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ) に対応する視線方向で得られる画像に基づく修整ベクトルを

【0075】

【数 5】

$$\vec{dr}(X, Y, Z) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

によって定められるアフィン変換係数  $a_{ij}(X, Y, Z)$  によって与える。そして、この修整ベクトルを基に標準 3 次元形状モデルの修整を行う。この標準 3 次元形状モデルの修整を、修整後の標準 3 次元形状モデルを基に得られる同一視線方向での対象物画像と被写体画像との差異が最小となるよう、アフィン変換係数  $a_{ij}(X, Y, Z)$  を求めることによって行う。これにより、標準 3 次元モデルの修整が簡単に行なえることとなる。

【0076】<第 5 の実施例> 図 5 は、本発明の第 5 の実施例の撮像画像処理装置の概略を示す構成図である。

【0077】図 5 において、11 は撮像手段、12 は標準 3 次元形状モデル記憶手段、13 は第 1 の画像記憶手段、14 は第 2 の画像記憶手段、15 は差異抽出手段、16 は形状モデル修整手段、17 はテクスチャモデル修整手段である。以下に、これら各構成部における処理について説明する。

【0078】撮像手段 11、標準 3 次元形状モデル記憶手段 12、第 1 の画像記憶手段 13、第 2 の画像記憶手段 14 は、それぞれ前述した第 1 の実施例の撮像画像処理装置のものと同じ処理機能有するものである。

【0079】差異抽出手段 15 は、第 1 および第 2 の画像記憶手段 13、14 からそれぞれ入力される対象物画像と被写体画像とを比較して、標準 3 次元形状モデル記憶手段 12 に記憶されている標準 3 次元形状モデルを修整するための輪郭線の差異と、第 2 の画像記憶手段 14 に記憶された対象物画像（テクスチャモデル）を修整するための変位ベクトルとを抽出する。なお、対象物画像（テクスチャモデル）を修整するための変位ベクトルの抽出は、輪郭線内のテクスチャ上の各点で行うこととする。

【0080】形状モデル修整手段 16 は、差異抽出手段 15 で求められた輪郭線の差異に基づいて標準 3 次元形状モデル記憶手段 12 に記憶されている標準 3 次元形状モデルを修整する。本実施例では、求められた修整ベクトルが形状モデル修整手段 16 から標準 3 次元形状モデル記憶手段 12 へフィードバック（転送）され、修整ベクトルに基づく標準 3 次元形状モデルの修整が反復的に

18

行われるよう構成されている。

【0081】テクスチャモデル修整手段 17 は、差異抽出手段 15 で求められた変位ベクトルを基にテクスチャモデルを修整する。すなわち、このテクスチャモデル修整手段 17 は、上記形状モデル修整手段 16 により修整された標準 3 次元形状モデルを基に標準 3 次元形状モデル記憶手段 12 によって第 2 の画像記憶手段 14 に新たに記憶される対象物画像（テクスチャモデル）を修整するものである。本実施例では、このテクスチャモデル修整手段 17 におけるテクスチャモデルの修整は、差異抽出手段 15 によって抽出される変位ベクトル（すなわち、形状モデル修整手段 16 による標準 3 次元形状モデル修整後に得られる対象物画像（テクスチャモデル）と撮像手段 11 により撮像されて第 1 の画像記憶手段 13 に記憶された被写体画像とから抽出される変位ベクトル）が最小のものとなるよう行われる。

【0082】図 6 は、本実施例の撮像画像処理装置にて行われる修整処理、すなわち、上述の標準 3 次元形状モデルおよびテクスチャモデルの修整の処理を簡略化して示したフローチャートで、Phase 1 にて差異抽出処理と形状モデル修整処理が行われ、Phase 2 にて差異抽出処理とテクスチャモデル修整処理が行われる。

【0083】本実施例の撮像画像処理装置は、図 6 に示すように、標準 3 次元形状モデルの修整に加えて、テクスチャモデルの修整も行われるよう構成されており、形状と模様を修整することが可能となっている。

【0084】<第 6 の実施例> 本実施例の撮像画像処理装置は、第 1 の画像記憶手段に保持された被写体画像に関する外形輪郭線の抽出を、3 次元形状モデル記憶手段に記憶された標準 3 次元形状モデルから抽出される所定視点位置（被写体画像の視点位置と同じ位置）からみた対象物画像の外形輪郭線データを用い、これに後述する動的輪郭法の手法を適用することにより行うことを特徴とするものである。

【0085】図 7 は、本発明の第 6 の実施例の撮像画像処理装置の概略を示す構成図である。同図において、21 は撮像手段、22 は 3 次元形状モデル記憶手段、23 は第 1 の画像記憶手段、25 は差異抽出手段、26 は形状モデル修整手段、27 は輪郭線画像抽出手段、28 は初期輪郭設定手段、29 は動的輪郭処理手段である。以下、これら各構成部について詳しく説明する。

【0086】撮像手段 21 および第 1 の画像記憶手段 23 は、前述した各実施例の撮像画像処理装置のもと同様のもので、撮像手段 21 によって撮像された被写体画像が第 1 の画像記憶手段 23 に保持される。

【0087】標準 3 次元形状モデル記憶手段 22 は、前述した各実施例の撮像画像処理装置のもと同様、標準 3 次元形状モデルを記憶するが、本実施例では、第 2 の画像記憶手段への対象物画像の記憶に代えて、後述する標準 3 次元形状モデル記憶手段 22 による対象物画像の

10

20

30

40

50

外輪郭線画像を抽出する処理が行われる。

【0088】標準3次元形状モデル記憶手段22および撮像手段21は、前述した各実施例の撮像画像処理装置のものと同様のもので、標準3次元形状モデル記憶手段22には標準3次元形状モデルが記憶され、撮像手段21によって撮像された被写体画像が第1の画像記憶手段23に保持される。

【0089】輪郭線画像抽出手段27は、標準3次元形状モデル記憶手段22に記憶された標準3次元形状モデルを所定の視点位置からみた対象物画像に関する外輪郭線画像を抽出する手段である。

【0090】初期輪郭設定手段28は、上記輪郭線画像抽出手段27で抽出された対象物画像の外輪郭線画像に対して、その外輪郭線画像の位置およびサイズを第1の画像記憶手段23に保持されている被写体画像の画像領域を包接するよう設定する（初期輪郭の設定）。

【0091】動的輪郭処理29は、上記初期輪郭設定手段28にて初期輪郭が設定された外輪郭線画像の輪郭線（以下、初期輪郭線という）を以下に述べる動的輪郭法により変形移動して、第1の画像記憶手段に保持された被写体画像上に収束する。これにより、第1の画像記憶手段に保持された被写体画像に関する外輪郭線画像を正確、かつ迅速に得ることができる。

【0092】ここで、動的輪郭法とは、輪郭線上の各点の位置（座標）を表すパラメータ  $s$  を用いて表される輪郭線

$$v(s) = (x(s), y(s))$$

に対して、評価関数

【0093】

【数6】

$$E = \int_0^u E_1(v(s)) + w_0 E_0(v(s)) ds$$

が最小となる輪郭線  $v(s)$  を求める手法のことをいう。ここに、

【0094】

【外8】

$$E_1, E_0$$

は、

【0095】

【数7】

$$E_1(v(s)) = \alpha(s) \left| \frac{dv}{ds} \right|^2 + \beta(s) \left| \frac{d^2v}{ds^2} \right|^2$$

$$E_0(v(s)) = -|\nabla I(v(s))|^2$$

であり、 $\alpha(s)$ 、 $\beta(s)$ 、

【0096】

【外9】

$$w_0$$

はそれぞれユーザが適宜設定する。この動的輪郭法は、

対象（本実施例では、撮像手段21によって撮像される被写体画像）を包囲するような初期輪郭線を求め、該求めた初期輪郭線を所定の評価関数が最小となるように変形移動し、最終的に対象上に収束するようにした方法である（M.Kass et al., "Snakes: Active Contour Models," International Journal of Computer Vision, vol. 1, pp. 321-331, 1987）。本実施例では、対象物画像の初期輪郭線に関して定めたある評価関数（上記評価関数に限定されるものではない）を最小化することにより、被写体画像の外輪郭線画像が求められる。

【0097】差異抽出手段25は、初期輪郭設定手段28で求められた対象物画像の外輪郭線画像（初期輪郭の設定が行われたもの）と動的輪郭処理手段29で求められた被写体画像の外輪郭線画像との差異を、前述した各実施例の場合と同様に変位ベクトルとして抽出する。但し、各変位ベクトルの大きさを一定の割合で正規化するか、または変位ベクトルを求める前に初期輪郭線画像のサイズを被写体画像の輪郭線画像サイズに最も近くなるように設定することが望ましい。この差異抽出手段25によって抽出された変位ベクトルは、後述する形状モデル修整手段6へ出力されるとともに、上述の輪郭線画像抽出手段27へフィードバックされている。本実施例では、この輪郭線画像抽出手段27へのフィードバックにより、輪郭線画像抽出手段27が対象物画像の外輪郭線画像を抽出する際の視点位置が、最終的に最も被写体画像の外輪郭線に近い輪郭線モデルを与える視点位置となる。

【0098】形状モデル修整手段26は、前述した各実施例の場合と同様に、上記差異抽出手段25によって抽出された変位ベクトルから形状モデル修整手段26に記憶されている標準3次元形状モデルを修整するための修整ベクトルを求める手段である。この形状モデル修整手段26で求められた修整ベクトルは、3次元形状モデル記憶手段22へフィードバックされている。このフィードバックにより、前述の第3および第5の実施例の場合と同様、1回の修整ではカバーしきれない誤差の補正や形状データの高分解能化が可能となる。

【0099】次に、上述のように構成された撮像画像処理装置の動作について説明する。

【0100】前述の各実施例と同様にして、まず、第1の画像記憶手段23に撮像手段21によって撮像された被写体画像が記憶される。

【0101】続いて、輪郭線画像抽出手段27によって、3次元形状モデル記憶手段22に記憶された標準3次元形状モデルから対象物画像に関する外輪郭線画像が抽出され、初期輪郭設定手段28によって、その抽出された外輪郭線画像に対して初期輪郭の設定が行われる。この初期輪郭が設定された外輪郭線画像は、動的輪郭処理手段29および差異抽出手段25のそれぞれへ出力される。

【0102】初期輪郭設定手段28によって初期輪郭の設定が行われると、動的輪郭処理手段29は、初期輪郭設定手段28にて初期輪郭が設定された外輪郭線画像の初期輪郭線を動的輪郭法を用いて変形移動し、第1の画像記憶手段23に保持された被写体画像に関する外輪郭線画像を抽出する。この抽出された被写体画像に関する外輪郭線画像は差異抽出手段25へ出力される。

【0103】初期輪郭設定手段28から対象物画像に関する外輪郭線画像、および動的輪郭処理手段29から被写体画像に関する外輪郭線画像がそれぞれ入力されると、差異抽出手段25では、これらの画像の差異が変位ベクトルとして抽出され、この抽出された変位ベクトルが輪郭線画像抽出手段27へフィードバックされる。このフィードバックする処理が反復的に行われることにより、輪郭線画像抽出手段27にて抽出される外輪郭線画像の視点位置が、最終的に最も被写体画像の外輪郭線に近い輪郭線モデルを与える視点位置となる。

【0104】輪郭線画像抽出手段27にて抽出される外輪郭線画像の視点位置が、最終的に最も被写体画像の外輪郭線に近い輪郭線モデルを与える視点位置となると、差異抽出手段25からは最終的な変位ベクトルが形状モデル修整手段26へ出力される。

【0105】差異抽出手段25から最終的な変位ベクトルが形状モデル修整手段26へ出力されると、形状モデル修整手段26では、その変位ベクトルから修整ベクトルが求められ、該求めた修整ベクトルが3次元形状モデル記憶手段22へフィードバックされる。これにより、3次元形状モデル記憶手段22に記憶された標準3次元形状モデルが修整される。このフィードバックする処理が反復的に行われることにより、1回の修整ではカバーしきれない誤差の補正や形状データの高分解能化が可能となる。

#### 【0106】

【発明の効果】本発明は以上説明したように構成されているので、以下に記載するような効果を奏する。

【0107】請求項1および請求項9に記載のものおよび方法においては、撮像された被写体画像と標準3次元形状モデルを基に生成された対象物画像との差異を基に標準3次元形状モデルの修整が行われるので、補間処理などの複雑な処理が必要なく、簡単に被写体に関する3次元形状モデルを復元することができるという効果がある。さらには、スリット光投影手段やマーカーを付与する手段などの特別な装置を必要としないので、装置の小型化やコストの低下を図ることができるという効果がある。

【0108】請求項2および請求項10に記載のものおよび方法においては、局所的な凹凸を異なる視点位置から修整することができるので、局所的な凹凸を正確に反映した標準3次元形状モデルの修整を行うことができ、高い空間分解能で被写体の3次元形状データを復元する

ことができるという効果がある。

【0109】請求項3に記載のものにおいては、標準3次元形状モデルの修整が被写体画像上の点に対応する標準3次元形状モデル上の点の3次元アフィン変換係数を用いて行われるので、被写体画像と対象物画像との画像データ（例えば各画素の輝度、色相データ）の差を基に修整が行われるものに比べて標準3次元形状モデルの修整を簡単に、効率的に行うことができるという効果がある。

10 【0110】請求項4に記載のものにおいては、高精度な被写体形状の変形が可能な撮像画像処理装置を提供することができるという効果がある。

【0111】請求項5に記載のものにおいては、差異抽出手段によって抽出される差異が所定閾値以下になるまで3次元形状モデル修整手段による標準3次元形状モデルの修整処理が反復的に行われるので、1回の修整ではカバーしきれない誤差の補正や形状データの修整を行うことができ、より高精度に被写体の立体形状を得ることができるという効果がある。

20 【0112】請求項6に記載のものにおいては、形状モデル修整手段による標準3次元形状モデルの修整に加えて、標準3次元形状モデル修整後の対象物画像がテクスチャ修整手段によって修整されるので、より精度の高い被写体の3次元形状データを復元することができるという効果がある。

30 【0113】請求項7および請求項11に記載のものおよび方法においては、被写体に関する外輪郭線画像の抽出を対象物画像に関する外輪郭線画像から動的輪郭法を用いて簡単に行うことができるので、高速かつ安定的に被写体の3次元形状データを復元することができるという効果がある。

【0114】請求項8に記載のものにおいては、対象物画像に関する外輪郭線画像と動的輪郭処理手段によって生成された被写体画像に関する外輪郭線画像とは最も類似度の高い画像データとなっているので、標準3次元形状モデルの修整をより正確に行うことができるという効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

40 【図1】本発明の第1の実施例の撮像画像処理装置の概略を示す構成図である。

【図2】差異抽出手段5にて行なわれる処理の手順を示すフローチャートである。

【図3】本発明の第2の実施例の撮像画像処理装置における差異抽出手段での処理を示すフローチャートである。

【図4】本発明の第3の実施例の撮像画像処理装置の概略を示す構成図である。

【図5】本発明の第5の実施例の撮像画像処理装置の概略を示す構成図である。

50 【図6】図6に示す撮像画像処理装置にて行われる修整

23

処理を簡略化して示したフローチャートである。

【図 7】本発明の第 6 の実施例の撮像画像処理装置の概略を示す構成図である。

【図 8】被写体を異なる視点位置から撮像手段 1 で撮像するときの様子を示す模式図である。

【符号の説明】

1, 1 1, 2 1 撮像手段

2, 1 2, 2 2 標準 3 次元形状モデル記憶手段

3, 1 3, 2 3 第 1 の画像記憶手段

4, 1 4 第 2 の画像記憶手段

5, 1 5, 2 5 差異抽出手段

6, 1 6, 2 6 形状モデル修整手段

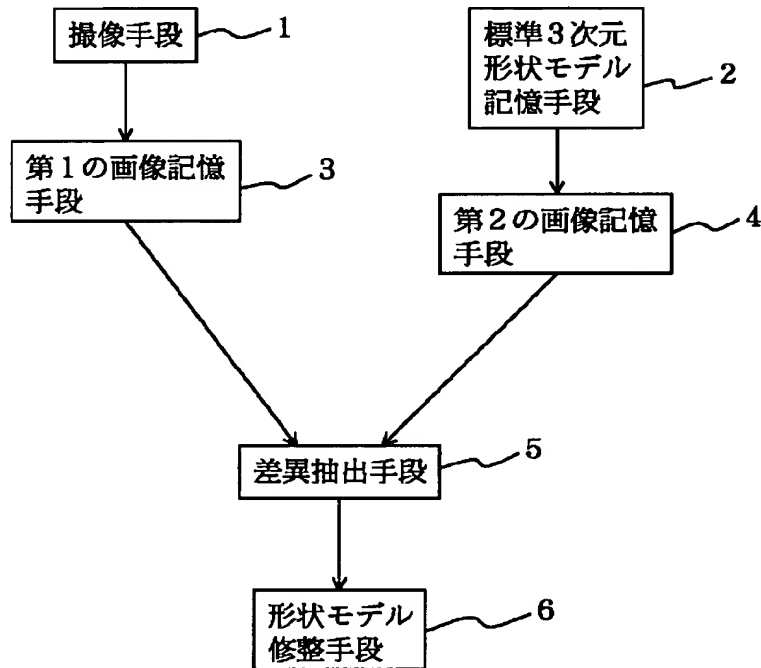
1 7 テクスチャモデル修整手段

2 7 輪郭線画像抽出手段

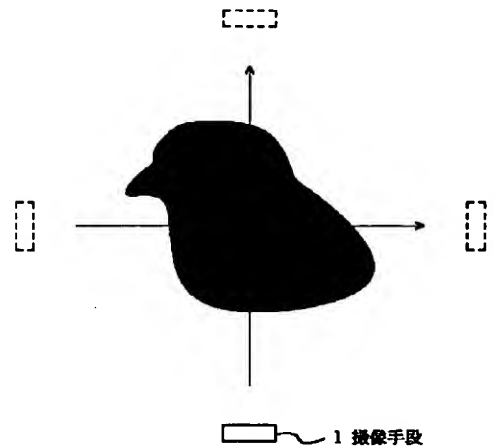
2 8 初期輪郭設定手段

2 9 動的輪郭処理手段

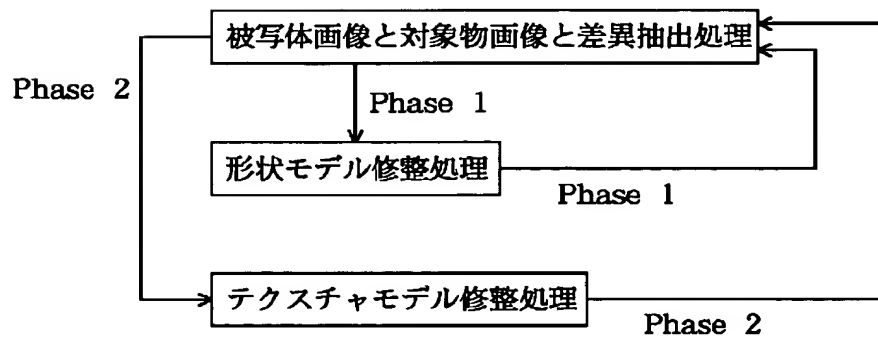
【図 1】



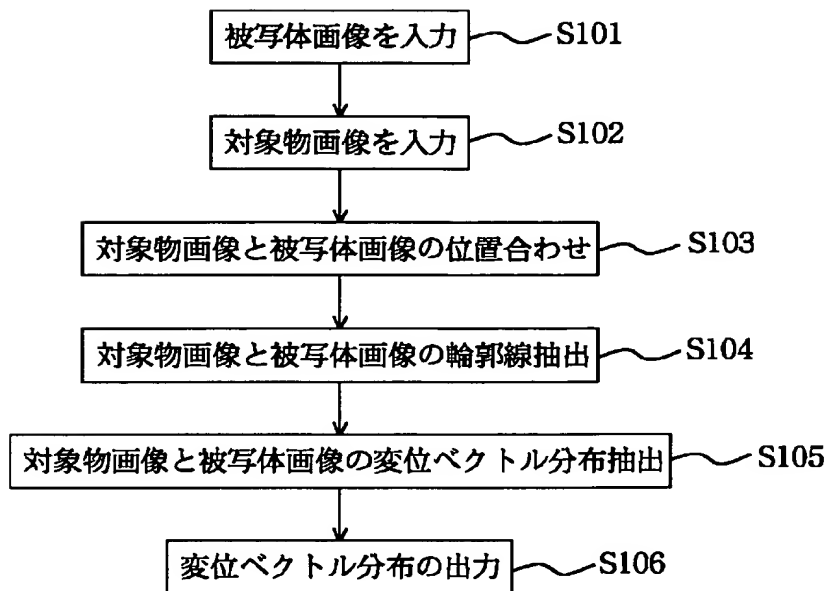
【図 8】



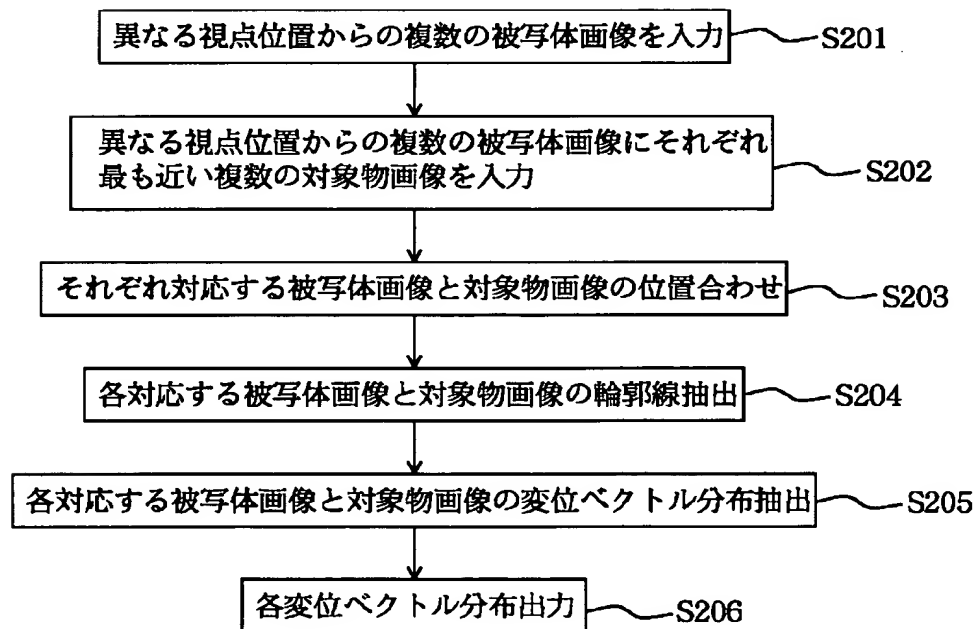
【図 6】



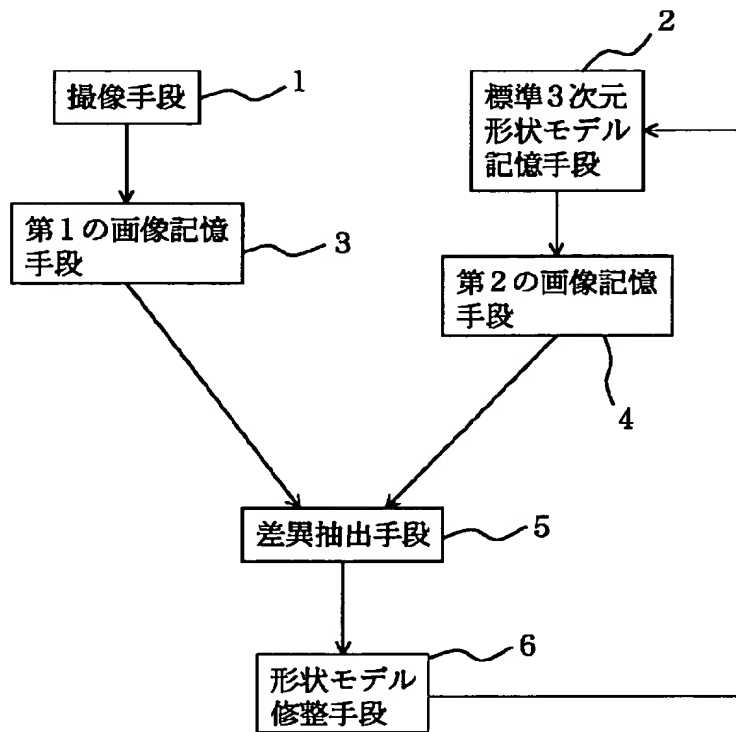
【図 2】



【図 3】

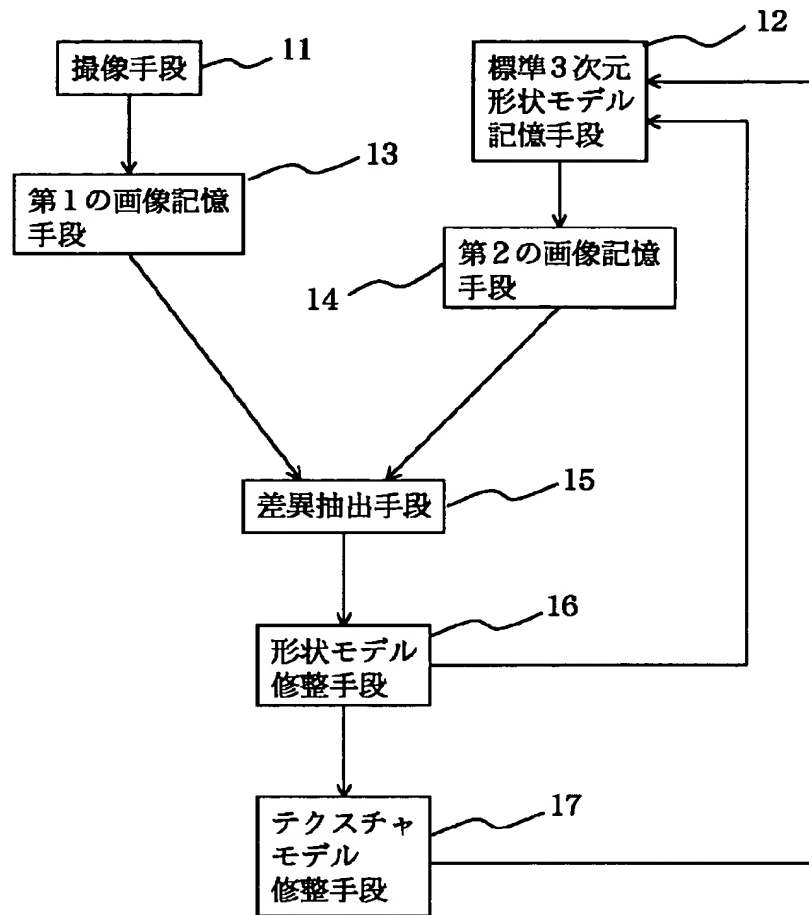


【図 4】

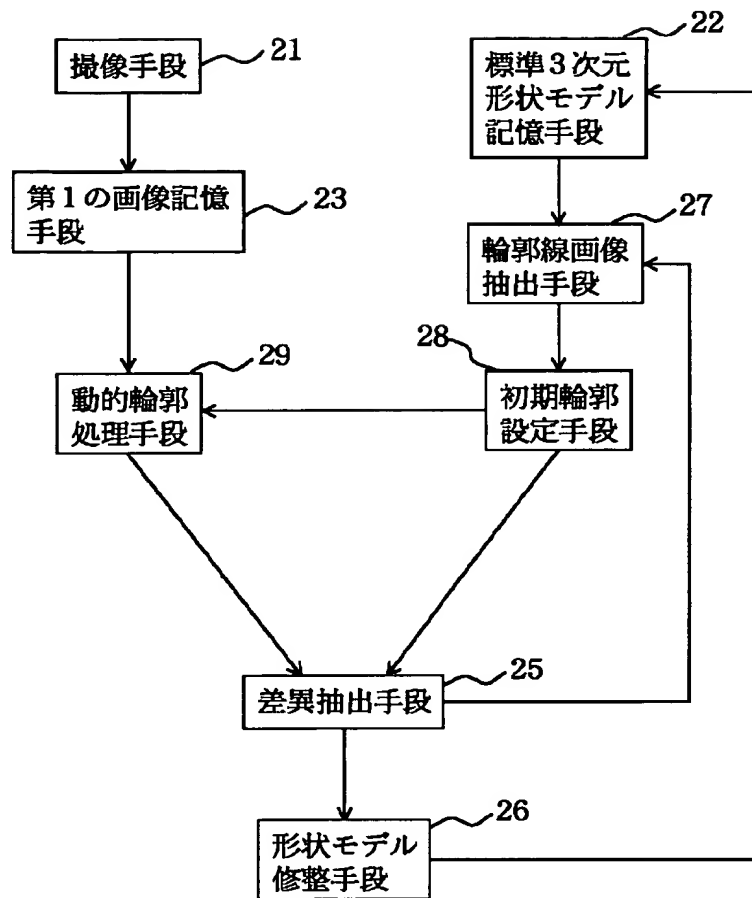




【図 5】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 矢野 光太郎  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 石川 基博  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72)発明者 倉橋 直  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内